

· 访谈 ·



王成毓,东北林业大学教授,研究方向为生物质材料的仿生功能化,获黑龙江省自然科学一等奖1项、教育部自然科学二等奖1项、黑龙江省高校科学技术一等奖1项、梁希青年论文二等奖1项、霍英东高校青年教师三等奖1项。

## 木材中的仿生学:源自大自然的灵感 ——访东北林业大学教授王成毓

大自然向人类传授灵感,启发人类的智慧。人类的智慧体现为学习、创新与创造。向大自然学习,创造出前所未有的事物无疑是推动人类进步的重要方式。仿生学(Bionics)就是模仿生物系统的原理以建造技术系统,或者使人造技术系统具有生物系统特征或类似特征的科学。它是一门建立在多学科边缘上的综合性学科,包括生理学、神经学、医学、化学、数学、电子学、信息学等学科。“师法自然”是仿生学的核心。仿生学与生俱来的原始创新性将启发人类观察自然、思考自然,在观察中领略大自然的神奇、在思考中体味大自然的奥秘。

典型的例子,如国家游泳中心,俗称“水立方”(图1),它的外观看上去像是一个巨大的蓝色盒子,墙面上布满不规则的泡泡。这层泡泡的尺寸和排布看起来没有规律,其实在设计上参考了

细胞、分子结构等自然界非常普遍的精致几何结构。

再如,鲨鱼皮表面有着成百上千的褶皱(图2),这些褶皱被称为肤齿,可以大大减少水流的阻力,让鲨鱼可以更有效更快速地游动。2008年奥运会,游泳名将迈克尔·菲尔普斯(Michael Phelps)身着鲨鱼皮泳衣一举多得8枚金牌,还打破了多项世界纪录,如今不少游泳选手都会穿上这种泳衣。

还有,水滴落在荷叶上(图3),形成近似圆球形的白色透明水珠滚来滚去,在滚动中吸附灰尘,并滚出叶面,以达到清洁叶面的效果而不浸润荷叶。这种自洁叶面的现象被称作“荷叶效应”。恰恰荷叶的这种“玉盘”,就是“超疏水表面”。这种超疏水表面可以有效地防止被污水污染,并且表面的灰尘、杂质也会被雨水带走。这便是荷叶“出淤泥而不染”的原因。

当前木材作为一种环境友好型材料,已被广泛应用于家具、建筑、室内装修等领域。众所周知,由于木材具有易腐朽、霉变、虫蛀、开裂等缺陷,限制了木材的使用。如果赋予木材超疏水性能,水分等液滴就难以停留在木材,这对拓宽木材使用范围,提高木材的使用寿命意义重大。因此,木材超疏水仿生构建成为近年来木材领域研究的热点之一。

为了解我国木材超疏水仿生领域的发展和挑战,《科技导报》采访了东北林业大学木材仿生智能科学研究中心教授王成毓。

**《科技导报》:**目前开发具有高性能的新型疏水材料一直是科学家关注的课题。什么是超疏水结构?该研究方向的科学目标、技术方法、应用价值是什么?创新性成果对我们日常生活和生产会产生哪些影响?



图1 国家游泳中心

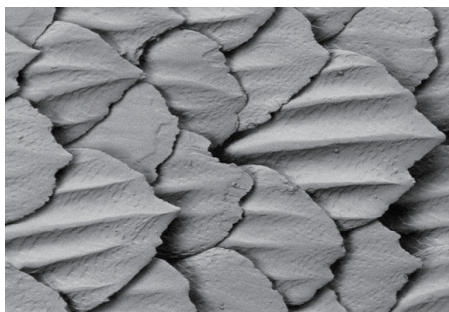


图2 鲨鱼皮



图3 荷叶

**王成毓:**由于木材具有大量的亲水性基团和丰富的空隙结构,若长期置于潮湿环境下时,就容易从外界吸收水分,并产生变形开裂、霉变、腐朽、降解等情况。通过在木材基底表面构建微纳结构,形成理想的表面粗糙度,然后再通过对其表面进行自组装化学修饰,即可降低其表面能,从而得到超疏水性木材。

在化学模拟生物体系的研究中,疏水性表面是近年来比较活跃的领域之一。超疏水性植物的结构性质导致了它们的自净能力,这种能力被人们称之为“荷叶效应”。所谓超疏水,即表面水滴接触角 $>150^\circ$ ,滚动角 $<10^\circ$ 。超疏水结构不仅能最大程度降低水分与基体的接触,在一定外力作用下还能轻松滑落离开基体,并将基体表面污染物带走。适用于木材超疏水性表面仿生构建的方法主要有表面涂覆、水热法、溶胶凝胶法、层层自主装法、湿化学法等,以及化学气相沉积法。

由于超疏水性木材具有自清洁、防雪、防污染、防腐、抗氧化以及防止电流传导等优良性能,同时原位生成的无机质还可改善木材的物理性能,如防腐、防虫、阻燃等等,所以其在工业生产和人们的日常生活中都有着极其广阔的应用前景。

**《科技导报》:**超疏水材料研究的前沿方向、关键技术有哪些?您认为目前超疏水材料研究中需要迫切解决的科学问题以及生产实践中亟待解决的技术问题有哪些?

**王成毓:**超疏水表面的结构通常采用两种方法,一是在疏水材料表面上构建微观结构,二是在粗糙表面上修饰低表面能物质。由于降低表面自由能在技术上容易实现,因此超疏水表面制备技术的关键在于构建合适的表面微细结构。

超疏水表面的实际应用还未能普及,许多问题还亟待解决。首先,简单经济、环境友好的制备方法有待开发。现有报道的大多数超疏水表面的制备

过程中均涉及到用较昂贵的低表面能物质,如含氟或硅烷的化合物来降低表面的表面能,而且许多方法涉及到特定的设备、苛刻的条件和较长的周期,难以用于大面积超疏水表面的制备。其次,从实际应用角度考虑,现有的超疏水表面的强度和持久性差,使得这种表面在许多场合的应用受到限制。表面的微结构也因机械强度差而易被外力破坏,导致超疏水性的丧失;另外在一些场合或长期使用中表面也可能被油性物质污染,使得疏水性变差。开发具有表面微结构可修复的超疏水表面及实现超双疏功能(既疏水又疏油)可能是解决实际应用问题的最佳方案。此外,从理论分析角度考虑,对于表面微结构的几何形貌、尺寸与表面浸润性,尤其是与滞后直接联系的定量研究还有待深入。最后,超疏水表面的应用领域还有待拓展,尤其是在生物领域中。在超疏水表面上具有生物活性物质,如细胞、蛋白等的生长、与表面间的相互作用等都将是值得研究的内容。

**《科技导报》:**在超疏水材料研究领域,哪些国家处于领先地位?国内有哪些研究单位在开展超疏水材料研发工作?近些年,东北林业大学木材仿生智能科学研究中心获得了很多成果,请您介绍一下有哪些代表性的研究成果?

**王成毓:**自1997年Barthlott揭示荷叶效应的原理以来,超疏水材料开始作为一个新生领域蓬勃发展。目前,在超疏水材料研究领域,中、德、美、韩、日等国家处于世界领先地位。国内从事该研究的单位主要有中国科学院化学研究所、中国科学院兰州化学物理研究所、中国科学院大连化学物理研究所、清华大学、北京大学、大连理工大学等。

近年来,东北林业大学木材仿生智能科学研究中心也开展了木材仿生植物超疏水、自清洁性的研究、木材仿生扇贝极高的力学强度的研究、木材仿生海鞘的环境响应性,具有光敏变色的智能性等方面的研究,并且取得了很好的科研成果。承担相关科研项目7项,包括

国家自然科学基金项目、国家林业公益性行业科研专项重大项目、中国工程院咨询研究项目以及企业合作横向课题等,已经发表了相关科研论文60余篇,申请发明专利40余件,出版著作4部,相关研究成果获得黑龙江省自然科学奖一等奖、梁希青年论文奖二等奖等奖项。

**《科技导报》:**纵观整个木材领域的发展,您对未来木材仿生功能化研究有哪些思考?

**王成毓:**目前有关木材仿生功能化的研究还处于起步阶段,国内一些综合性大学和林业大学对这一研究方向逐渐重视,整体看来,研究取得了一定成果,但是研究的内容不全面,研究深度不够,技术创新性不够,缺乏核心知识产权技术,部分关键的科学技术问题还有待解决,还没有形成完整的体系,在实际应用中还存在很多问题。在以后的研究中,一方面,需要对木材生物结构-功能关系进行更系统的科学性研究;另一方面,采用更多目前最高水准的技术和仪器来进行有关木材仿生功能化的研究。

**《科技导报》:**从木材学科发展角度来看,您认为如何践行创新、协调、绿色、开放、共享五大发展理念?

**王成毓:**在我国石油资源短缺、能源严重依赖进口、“白色污染”严重的背景下,利用丰富的农林生物质资源,开发绿色、环境友好和可循环利用的生物质材料,是国际新材料产业发展的重要方向。生物质材料则朝着以绿色资源化利用为特征的高效低碳、高附加值、综合利用、定向转化、功能化、环境友好化、标准化等方向发展。生物质材料规模化发展将带来越来越多的切实可行的经济与环境协调发展的解决方案。未来在对包括木材在内的生物质材料的高性能、多功能、高附加值的研究中将会遵循新的治国理念,在推进技术与产业进步过程中,坚守创新发展、协调发展、绿色发展、开放发展和共享发展。

文/吴晓丽